

**STEEL FOR INDUCTION HARDENING**

Publication number: JP4254547

Publication date: 1992-09-09

Inventor: UNO MITSUO; NAKAZATO FUKUKAZU

Applicant: SUMITOMO METAL IND

Classification:

- International: C22C38/00; C22C38/04; C22C38/00; C22C38/04;  
(IPC1-7): C22C38/00; C22C38/04

- European:

Application number: JP19910035437 19910205

Priority number(s): JP19910035437 19910205

[Report a data error here](#)

**Abstract of JP4254547**

**PURPOSE:** To obtain a steel for machine structural use capable of forming 'a surface hardened layer having sufficient hardness and free from dispersion of hardness' only by ordinary induction hardening treatment. **CONSTITUTION:** The steel for induction hardening is constituted so that it has a chemical composition consisting of 0.30-0.60% C,  $\leq 1.00\%$  Si, 0.30-2.00% Mn, 0.040-0.100% S, and the balance Fe with inevitable impurities or further containing, if necessary, one or more kinds among  $\leq 3.50\%$  Ni,  $\leq 2.00\%$  Cr,  $\leq 2.00\%$  Mo,  $\leq 1.00\%$  Cu, 0.0003-0.0050% B, 0.010-0.100% Al, 0.010-0.100% Ti, 0.010-0.100% Nb, 0.01-0.30% V, 0.0005-0.0100% Ca, and 0.01-0.20% Pb. Moreover, the structure of this steel is regulated to a structure where the average grain size of ferrite is  $\leq 20\mu\text{m}$ .

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平4-254547

(43)公開日 平成4年(1992)9月9日

(51)Int.Cl. <sup>9</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
C 2 2 C 38/00	3 0 1 A	7217-4K		
38/04				

審査請求 未請求 請求項の数2(全 5 頁)

(21)出願番号	特願平3-35437	(71)出願人	000002118 住友金属工業株式会社 大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号
(22)出願日	平成3年(1991)2月5日	(72)発明者	宇野 光男 福岡県北九州市小倉北区許斐町1番地 住 友金属工業株式会社小倉製鉄所内
		(72)発明者	中里 福和 福岡県北九州市小倉北区許斐町1番地 住 友金属工業株式会社小倉製鉄所内
		(74)代理人	弁理士 今井 毅

(54)【発明の名称】 高周波焼入れ用鋼

(57)【要約】

〔目的〕 通常の高周波焼入れ処理のみで“十分な硬さを有する硬度バラツキの無い表面硬化層”が得られる機械構造用鋼を実現する。

〔構成〕 高周波焼入れ用鋼を、C:0.30~0.60%, Si:1.00%以下, Mn:0.30~2.00%及びS:0.040~0.100%を含有するか、或いは、必要に応じて更に、Ni:3.50%以下, Cr:2.00%以下, Mo:2.00%以下, Cu:1.00%以下, B:0.0003~0.0050%, Al:0.010~0.100%, Ti:0.010~0.100%, Nb:0.010~0.100%, V:0.01~0.30%, Ca:0.0005~0.0100%, Pb:0.01~0.20%の1種以上をも含むと共に、残部がFe及び不可避的不純物から成る化学成分組成に構成し、かつフェライトの平均粒径が20 $\mu$ m以下である組織に調整する。

1

2

【特許請求の範囲】

【請求項1】 重量割合にて

C : 0.30~0.60%, Si : 1.00%以下, Mn : 0.30~2.00%,  
S : 0.040 ~0.100 %

を含むと共に、残部がFe及び不可避的不純物から成り、\* 微とする高周波焼入れ用鋼。

かつフェライト平均粒径が20 $\mu$ m以下であることを特\* 【請求項2】 重量割合にて

C : 0.30~0.60%, Si : 1.00%以下, Mn : 0.30~2.00%,  
S : 0.040 ~0.100 %

を含有し、更に

Ni : 3.50%以下, Cr : 2.00%以下, Mo : 2.00%以下,  
Cu : 1.00%以下, B : 0.0003~0.0050%, Al : 0.010 ~0.100 %,  
Ti : 0.010 ~0.100 %, Nb : 0.010 ~0.100 %, V : 0.01~0.30%,  
Ca : 0.0005~0.0100%, Pb : 0.01~0.20%

の1種以上をも含むと共に、残部がFe及び不可避的不純物から成り、かつフェライト平均粒径が20 $\mu$ m以下であることを特徴とする高周波焼入れ用鋼。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】この発明は、自動車、建設機械或いは産業機械に使用されるシャフト、ボルト、歯車等の如き、高周波焼入れを必要とする部材用として好適な機械構造用鋼（高周波焼入れ鋼）に関するものである。

【0002】

【従来技術とその課題】「高周波焼入れ」は、鋼材の耐摩耗性や疲労特性の向上を図る目的でその表層部（1~3mm）のみを焼入れする焼入れ方法の1種であるが、処理時間が非常に短くて作業性が良いことから、広く一般に適用されている処理の1つである。

【0003】ところが、この高周波焼入れでは、加熱時間が通常の焼入れ（25mm直径当り30~60分の加熱）に比べ極めて短時間（1~2秒）であるが故に不完全焼入れ（前組織の残存或いは炭化物の不完全固溶）となることが多く、硬さの低下や硬度バラツキを生じることがしばしば起きていた。

【0004】そこで、上記不都合を防止するため、最近では高周波焼入れに先立ち一度通常の焼入れ・焼戻しを施して合金元素を完全に固溶させると共に、組織を焼戻マルテンサイト組織にしておく等の対策を採ることが多い。

【0005】しかしながら、高周波焼入れの前に通常の焼入れ・焼戻しを施すことは作業性の低下と同時にコストアップにもつながり、そのためこの前処理（通常の焼※

C : 0.30~0.60%, Si : 1.00%以下, Mn : 0.30~2.00%,  
S : 0.040 ~0.100 %

を含有するか、或いは必要に応じて更に

Ni : 3.50%以下, Cr : 2.00%以下, Mo : 2.00%以下,  
Cu : 1.00%以下, B : 0.0003~0.0050%, Al : 0.010 ~0.100 %,  
Ti : 0.010 ~0.100 %, Nb : 0.010 ~0.100 %, V : 0.01~0.30%,  
Ca : 0.0005~0.0100%, Pb : 0.01~0.20%

の1種以上をも含むと共に、残部がFe及び不可避的不純物から成る化学成分組成に構成し、かつフェライトの平均粒径が20 $\mu$ m以下である組織に調整することによって、格別な前処理を要することなく高周波焼入れのみで

※入れ・焼戻し）を省略しても所望性能を安定して確保できる高周波焼入れ鋼の開発が望まれていた。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明者等は、上述のような観点から、通常の高周波焼入れ処理のみで“十分な硬さを有する硬度バラツキの無い表面硬化層”が得られる機械構造用鋼を実現すべく鋭意研究を行った結果、次のような知見を得ることができた。

【0007】(a) 高周波焼入れによる焼入れ層の硬さ不足や硬さバラツキの発生は、高周波焼入れ前における鋼のフェライト粒径と密接な関係がある、(b) そして、高周波焼入れ前のフェライトの平均粒径を20 $\mu$ m以下に制御した場合には、通常の高周波焼入れ（加熱温度：900~1000℃、加熱時間：1~2秒）を単独で施すだけでもバラツキの無い十分な硬度を有する焼入れ層を安定して形成できるようになる、(c) ところで、この種の材料に必要な強度を確保するためCを0.30%以上（以降、成分割合を表わす%は重量%とする）含有させた鋼では、フェライト粒径を20 $\mu$ m以下に調整するには鍛造或いは圧延後の冷却速度を60℃/min以上に制御する必要があるが少なからぬ作業上の困難を余儀無くされる。しかし、鋼中にMn及びSの特定量を複合添加した場合には、フェライトの析出核としてのMnSが微細に分散析出されることとなって、鍛造或いは圧延後の冷却速度が60℃/min未満であってもフェライト粒径を20 $\mu$ m以下に制御できるようになる。

【0008】本発明は、上記知見事項等を基にして完成されたものであり、「高周波焼入れ用鋼を、

硬度バラツキが極力小さい上に十分な硬さを有する表面焼入れ層を安定して実現できるようにした点」に大きな特徴を有している。ここで、「フェライトの粒径」とは、図1に示したような「単独フェライトの粒径」及び「集合フェライトの粒径」の何れをも意味するものである。

#### 【0009】

【作用】上述の如く、本発明は鋼のCやSiの含有量を調整して所望特性の確保を図ったほか、特にMn、Sの添加量を特定範囲に調整することによりフェライトの析出核となる微細分散MnSを生成させてフェライトを微細析出させ、これによってフェライト平均粒径を20μm以下に制御することで高周波焼入れ後の硬さ低下、硬さバラツキを防止した機械構造用鋼に係わるものであるが、以下、構成化学成分の含有量並びにフェライト平均粒径を前記の如くに数値限定した理由をその作用と共に詳しく説明する。

#### 【0010】(A) 化学成分C

Cには鋼の静的強度及び硬さを向上させる作用があるが、高周波焼入れ用鋼として所定の硬さを得るためには0.30%以上の含有量を確保する必要がある。一方、0.60%を超えてCを含有させても硬度上昇効果は飽和する。従って、C含有量は0.30~0.60%と定めた。

#### 【0011】Si

Siは、鋼の脱酸促進剤としての作用のほか、鋼に静的強度を付与する作用を有する有効な成分であるが、1.0%を超えて含有させてもその効果が飽和してしまうばかりか、冷間加工性の低下を招くようになる。従って、Siの添加量は1.0%以下と定めた。

#### 【0012】Mn

Mnは、Siと同様に鋼の脱酸に有効な元素であるが、本発明の主要な狙いであるMnSを形成しフェライトの微細分散析出を促してフェライト平均粒径を20μm以下に制御するためには、所定量のSと共に0.30%以上のMn含有量を確保する必要がある。一方、2.00%を超えてMnを含有させると鋼の冷間加工性を低下させるようになる。従って、Mn含有量は0.30~2.00%と定めた。

#### 【0013】S

Sは鋼の切削性向上に有効な元素であるが、本発明の主要な狙いであるMnSを形成してフェライト平均粒径を20μm以下に制御するためには、所定量のMnと共に0.040%以上のS含有量を確保する必要がある。一方、0.100%を超えてSを含有させると鋼の靱性低下を招く。従って、S含有量は0.040~0.100%と定めた。

#### 【0014】

Ni, Cr, Mo, Cu, B, Al, Ti, Nb, V, Ca及びPb

これらの元素は各々鋼の焼入れ性、靱性、強度或いは切削性を改善する作用を有しているため、必要に応じて1種又は2種以上が添加・含有せしめられるが、各成分に関する含有量の限定理由は次の通りである。

#### 【0015】a) Ni

Niは鋼の焼入れ性を改善しかつ靱性を向上させる作用を有しているが、3.50%を超えて含有させても前記作用による効果が飽和して経済性を損なうようになることから、Ni添加量は3.50%以下と定めた。

#### 【0016】b) Cr

CrもNiと同様に鋼の焼入れ性改善に有効な元素であるが、2.00%を超えて添加してもそれに見合うだけの改善効果が得られなくなるばかりか、靱性低下を招くようになる。従って、Cr添加量は2.00%以下と定めた。

#### 【0017】c) Mo

Moは焼入れ性向上及び靱性向上に極めて有効な元素であるが、2.00%を超えて含有させてもその効果が飽和して経済性を損なうようになることから、Mo添加量は2.00%以下と定めた。

#### 【0018】d) Cu

Cuは鋼の焼入れ性向上及び静的強度の改善に有効な元素であるが、1.00%を超えて含有させると熱間加工性の低下、更には静的強度の低下を招くようになることから、Cu含有量は1.00%以下と定めた。

#### 【0019】e) B

Bは鋼の焼入れ性を向上させ静的強度を改善するのに有効な元素であるが、その含有量が0.0003%未満では十分な効果が得られない。一方、0.0050%を超えてBを含有させると結晶粒の粗大化を招いて靱性低下を来たすようになる。従って、B含有量は0.0003~0.0050%と定めた。

#### 【0020】f) Al

Alは鋼の結晶粒を微細化させ、靱性を向上させるのに有効な元素であるが、その効果を十分に発揮させるためには0.010%以上の添加が必要である。しかし、0.100%を超えて添加すると逆に結晶粒の粗大化を招いて靱性低下を来たすようになる。従って、Al含有量は0.010~0.100%と定めた。

#### 【0021】g) Ti

TiもAlと同様に結晶粒を微細化させ靱性を向上させるのに有効な元素であるが、その効果を十分に発揮させるためには0.010%以上の添加が必要である。しかし、0.100%を超えて含有させると切削性が低下すると共に結晶粒が逆に粗大化して靱性低下を来たすようになる。従って、Ti含有量は0.010~0.100%と定めた。

#### 【0022】h) Nb

NbもAl、Tiと同様に結晶粒を微細化させて靱性を向上させるのに有効な元素であるが、その効果を十分に発揮させるためには0.010%以上の添加が必要である。しかし、0.100%を超えて添加すると切削性の低下を招くようになる。従って、Nb含有量は0.010~0.100%と定めた。

#### 【0023】i) V

Vは、鋼中で炭窒化物を析出して鋼の高温強度を高める

のに有効な元素であるが、その効果を十分に発揮させるためには0.01%以上の添加が必要である。しかし、0.30%を超えて添加すると熱間加工性の低下を招くようになる。従って、V含有量は0.01~0.30%と定めた。

#### 【00024】j) Ca

Caは鋼の切削性を向上させる元素であるが、その効果を十分に発揮させるためには0.0005%以上の添加が必要である。しかし、0.0100%を超えて含有させると鋼の靱性を低下させることから、Ca含有量は0.0005~0.0100%と定めた。

#### 【00025】k) Pb

Pbも鋼の切削性を向上させるのに有効な元素であるが、その効果を十分に発揮させるためには0.01%以上の含有量を確保する必要がある。しかし、0.20%を超えて含有させると鋼の靱性を低下させることから、Pb含有量は0.

01~0.20%と定めた。

【00026】(B) フェライト平均粒径フェライト平均粒径(単独フェライト平均粒径及び集合フェライト平均粒径)が20 $\mu$ mよりも大きいと、通常の焼入れ・焼戻し等の前処理を施すことなく高周波焼入れ層の“硬さ低下”や“硬さバラツキの発生”を防止することが困難となる。従って、フェライト平均粒径を20 $\mu$ m以下と定めた。

【00027】続いて、本発明の効果を実施例により更に具体的に説明する。

【実施例】表1及び表2に示す各成分組成の鋼を50kgの大気炉にて溶製した後、それぞれ直径が50mm $\phi$ と25mm $\phi$ の棒材に鍛伸して供試材とした。

【表1】

表 1

試 験 材	化 学 成 分 (質量%)																	集合フェライト 平均粒径 ( $\mu$ m)	バラツキ度	
	C	Si	Mn	P	S	Ca	Ni	Cr	Mo	Al	Ti	V	Mg	B	Cu	Pb	Fe及び不純物			
本 発 明	1	0.55	0.27	0.72	0.018	0.055	—	0.37	0.51	0.58	0.022	—	0.14	0.039	0.0047	—	鉄	1.6	1.5	
	2	0.42	0.51	1.38	0.022	0.041	0.23	1.15	1.83	1.28	0.053	0.081	—	0.098	—	0.05	鉄	1.2	1.7	
	3	0.22	0.23	0.49	0.021	0.035	0.58	—	0.12	1.58	0.045	0.019	0.09	—	0.0008	—	鉄	1.8	1.9	
	4	0.39	0.38	0.31	0.015	0.063	—	0.43	0.68	0.74	0.023	—	0.24	0.017	0.0037	0.0035	—	鉄	1.8	1.8
	5	0.48	0.72	0.89	0.072	0.064	—	—	0.23	0.41	0.072	0.039	—	0.025	—	0.11	鉄	1.3	1.4	
	6	0.28	0.34	1.53	0.028	0.047	0.58	—	0.24	0.29	0.023	0.011	0.18	—	0.0005	—	鉄	1.6	1.5	
	7	0.20	0.41	0.41	0.036	0.059	0.27	—	0.29	1.21	0.034	—	0.29	0.027	—	—	鉄	1.7	1.7	
	8	0.28	0.42	0.54	0.025	0.072	—	0.13	1.17	—	0.021	0.014	—	0.028	0.0008	—	鉄	1.4	1.5	
	9	0.43	0.83	1.98	0.035	0.062	0.37	0.51	0.22	0.37	0.029	0.024	0.11	0.071	0.0021	0.0008	—	鉄	1.1	1.2
	10	0.26	0.25	0.43	0.012	0.061	0.29	2.45	0.29	—	0.045	—	0.02	0.030	0.0003	—	鉄	1.3	1.3	
	11	0.53	0.05	1.72	0.018	0.067	—	—	1.45	0.46	0.027	—	—	0.041	—	—	鉄	0	1.2	
	12	0.27	0.30	0.63	0.018	0.066	0.52	0.02	0.45	—	0.029	0.037	0.18	0.086	0.0005	—	鉄	1.2	1.1	
	13	0.57	0.27	1.23	0.030	0.043	0.42	0.18	1.98	0.53	0.058	0.051	—	0.022	—	—	鉄	0	1.1	
	14	0.41	0.23	0.63	0.016	0.065	0.18	—	—	—	—	—	—	—	—	—	鉄	1.2	1.5	
	15	0.58	0.34	1.41	0.012	0.073	—	1.59	—	—	—	—	—	—	—	—	鉄	1.1	1.1	
	16	0.28	0.63	1.72	0.018	0.068	—	—	1.12	—	—	—	—	—	—	—	鉄	0	1.1	
	17	0.42	0.42	0.58	0.028	0.047	—	—	—	0.45	—	—	—	—	—	—	鉄	2.5	1.8	
	18	0.54	0.28	0.95	0.021	0.032	—	—	—	0.37	—	—	—	—	—	—	鉄	1.2	1.3	
	19	0.52	0.29	0.63	0.011	0.045	—	—	—	—	0.012	—	—	—	—	—	鉄	1.7	1.8	
	20	0.36	0.51	0.99	0.018	0.067	—	—	—	—	—	0.12	—	—	—	—	鉄	1.4	1.4	

【表2】

表 2

鋼 種	C	Si	Mn	P	S	化 学 成 分 (質量%)										集合フェライト 平均粒径 ( $\mu\text{m}$ )	バラツキ度		
						Cr	Mo	Ni	Al	Fe	V	W	B	Cu	Pb			Pb以下不純物	
本 発 明	21	0.44	0.77	1.36	0.024	0.061	—	—	—	—	—	—	0.028	—	—	—	炭	1.2	1.7
	22	0.35	0.31	1.37	0.018	0.075	—	—	—	—	—	—	0.0021	—	—	炭	1.1	1.7	
	23	0.35	0.39	0.71	0.018	0.052	—	—	—	—	—	—	—	0.0018	—	炭	1.5	1.5	
	24	0.35	0.84	0.66	0.015	0.049	—	—	—	—	—	—	—	—	0.11	炭	1.7	1.8	
比 較 鋼	25	0.31	0.41	0.23	0.018	0.060	0.37	—	0.00	1.21	0.034	—	0.28	0.027	—	—	炭	2.5	4.7
	26	0.30	0.41	0.25	0.013	0.019	0.27	—	0.00	1.21	0.035	—	0.28	0.025	—	—	炭	2.4	5.5
	27	0.31	0.40	0.23	0.018	0.019	0.28	—	0.00	1.20	0.035	—	0.29	0.025	—	—	炭	2.9	7.1
	28	0.43	0.72	0.37	0.013	0.044	—	—	0.00	0.41	0.078	0.030	—	0.025	—	—	0.10	2.5	3.2
	29	0.44	0.70	1.30	0.013	0.019	—	—	0.00	0.43	0.069	0.037	—	0.026	—	—	0.11	2.7	2.9
	30	0.44	0.71	0.37	0.013	0.019	—	—	0.00	0.41	0.071	0.030	—	0.023	—	—	0.09	2.5	5.8
	31	0.37	0.27	0.29	0.020	0.049	0.43	0.15	1.00	0.63	0.050	0.051	—	0.028	—	—	—	2.1	2.1
	32	0.37	0.29	0.63	0.020	0.017	0.41	0.15	1.00	0.62	0.036	0.049	—	0.025	—	—	—	2.1	2.7
	33	0.37	0.29	0.28	0.018	0.019	0.41	0.14	1.00	0.61	0.037	0.050	—	0.024	—	—	—	2.7	2.3
	34	0.46	0.27	0.75	0.026	0.018	—	—	—	—	0.037	—	—	—	—	—	炭	2.4	2.9
比 較 鋼	35	0.35	0.29	0.84	0.018	0.024	—	—	1.15	0.10	0.031	—	—	—	—	—	炭	2.9	2.6
	36	0.41	0.25	0.81	0.018	0.021	—	—	1.11	—	0.025	—	—	—	—	—	炭	2.7	2.5

(注1) \*印は、本発明で規定する条件から外れていることを示す。

(注2) 「比較鋼34」、「比較鋼35」及び「比較鋼36」は、それぞれ「JIS S45C相当鋼」、「JIS SCM435相当鋼」及び「JIS SC440相当鋼」である。

【00028】次に、上記各供試材を800～900℃の温度域に1.5時間加熱した後に空冷して(50mmφ材の冷却速度:30～40℃/min, 25mmφ材の冷却速度:60～80℃/min)焼ならしを行った。そして、その後、これら供試材を「直径20mmφ×長さ50mm」の試験片に加工し、周波数:200kHz, 加熱温度:950℃, 移動速度:3mm/sec(加熱から冷却までの時間:約2秒)の条件で高周波焼入れを実施した。

【00029】次いで、高周波焼入れ後の供試材につき硬さ測定を行って「硬さバラツキ」を調査し、高周波焼入れの前に実施された「集合フェライト平均粒径の調査結果」と共に表1, 表2に併記した。なお、硬さバラツキの評価は、図2に示したように、25mmφ鍛伸材(焼ならし時の冷却速度が速かったためにフェライト粒径が細くなっており、そのため硬さバラツキが殆ど無い)の硬さ分布曲線内に滑らかな挿入線を引き、その挿入線と実際の硬さ分布を示す硬さ分布曲線との差により生じた面積を求めてバラツキ度を算出する手法によった。そして、バラツキ度は $A = [50\text{mm}\phi\text{材の面積}] / [25\text{mm}\phi\text{材の面積}]$ なる式で求められる面積比(A)で表わ

した。  
【00030】表1, 表2に示される結果からも明らかに、本発明鋼は何れも高周波焼入れ後の硬さバラツキ度は2.0以下であるのに対し、比較鋼ではバラツキ度が2.1～7.1となって極めて硬さバラツキの大きいことが分かる。

【00031】

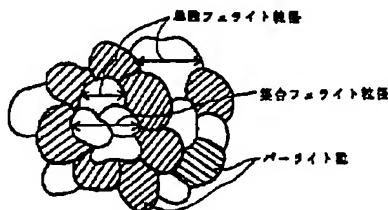
【効果の総括】以上に説明した如く、特に高周波焼入れ鋼のフェライト粒径を制御するためにMn及びSの適正量を複合添加する点を重要な骨子とする本発明によれば、高周波焼入れ硬化層の硬さバラツキを著しく小さくすることができる上に十分な硬度を安定して確保することも可能となり、高周波焼入れ前の予備処理としての「焼入れ・焼戻し処理」を省略できるなど、産業上極めて有用な効果がもたらされる。

【図面の簡単な説明】

【図1】フェライト粒径の定義を示した説明図である。

【図2】「硬さバラツキ度」を求める手法の説明図である。

【図1】



【図2】

